植物分类学报 25(2): 93—105(1987)
Acta Phytotaxonomica Sinica

中国岩蕨科植物研究(二)——成熟孢子体的比较形态解剖

冯义伦
(中国科学院植物研究所,北京)

摘要 本文报道了国产岩蕨科 19 个种 1 变种的比较形态解剖研究结果，其中 10 个种为我国特有。通过对根、根状茎、叶轴和叶柄关节的解剖，对叶、毛状体和孢子囊群的比较形态观察，及对 20 种孢子扫描电镜观察，扼要讨论了它们与系统发育和分类的关系。

关键词 岩蕨科;根;叶轴;叶柄关节;孢子;比较形态解剖

1928 年 Bower[7] 曾描述岩蕨属 *Woodsia* 的模式种——岩蕨 *W. ilvensis* R. Br. 的根、根状茎和叶轴的解剖特征。其后秦仁昌[8]等对岩蕨科 *Woodsiaceae* 近 30 个种的形态陆续作过报道,其中 Brown[6] 在他的专著中报道了岩蕨属 23 个种的比较形态学研究。但由于这些材料不够全面，对研究本科的系统发育还是不够的。岩蕨类植物在真蕨的系统演化中居重要位置,搞清它的解剖特征,对进一步研究科以下等级的系统发育和分类，以及它与真蕨其它科属之间的演化关系是有意义的。本文着重报道国产岩蕨科 19 个种的形态解剖比较研究结果。

材料和方法

新鲜材料的根、根状茎和叶轴等采自野外并固定于 FAA 液中 24 小时以上,用氢氟酸软化三天后移入过氧化氢液中漂白一天,再经甘油酒精软化 24 小时以上,制石蜡切片;干标本上取的材料经水煮沸 2 小时以上,再用上法处理。

毛、鳞片、叶表皮和孢子囊群盖，用结晶紫染色，甘油明胶封整体片。取成熟孢子于 85%酒精中,加盖玻片制成临时片,用目镜测微尺测量 30 个孢子,取平均值。孢子周壁纹饰的观察及摄影用扫描电镜。环带细胞在低倍物镜(10 × 10)下计数，每种孢子处理 30 个以上,取最小和最大数值为变异幅度,取概率密度的最大值为该种的环带细胞数。

有关解剖学实验材料凭证标本的引证资料见附录，凭证标本和形态观察的标本约 600 号,存 PE。

结果与讨论

1. 根

岩蕨科植物地下茎着生不定根。表皮由薄壁细胞组成，着生简单的根毛。有较厚的皮层,较小的中柱。一层细胞的内皮层包围着中柱,切向壁明显加厚，里面是较大的薄壁

本文系硕士论文一部分，在导师王伏雄教授和秦仁昌教授指导下完成,实验材料的凭证标本由秦仁昌教授审定属种名称。本文蒙邢公侠同志指正，孢子部分承席以珍同志指正，夏群同志协助野外工作，在此一并致谢。
Cytology and Taxonomy in Woodsiaceae(中国岩蕨科植物研究(一))发表在英国 *Fern Gazette* 13(1) 1985。

细胞组成的中柱鞘。木质部二原型，互成 180°。韧皮部位于木质部周围。一些种由几个薄壁细胞组成的髓将两组木质部隔开（图版 1：2，4），多数种木质部之间没有髓（图版 1：1，3）。我国产的约 20 种中，心岩蕨 *W. subcordata* Turcz.、中岩蕨 *W. intermedia* Tagawa、耳羽岩蕨 *W. polystichoides* Eat.、长叶岩蕨 *W. elongata* Hook. 和滇蕨 *Cheilanthopsis indusiosa* (Christ) Ching 的根具有髓中柱，此种情况未见报道，其余种具无髓中柱。一般认为根具无髓中柱较为原始。

2. 根状茎

野外观察岩蕨科植物，除滇蕨根状茎直立外，其余均是沿石隙横卧，茎端略升起，二岐分枝。《秦岭植物志》第二卷[2]，《中国高等植物图鉴》第一册[1]等描述为"直立"或"斜升"是不确切的。根状茎的结构如图 1 所示。本文着重描述在系统发育和分类上有意义的中柱式样。解剖老的根状茎，从不同部位横切面观察，大部分种为 2 到 4 个分体中柱组成的典

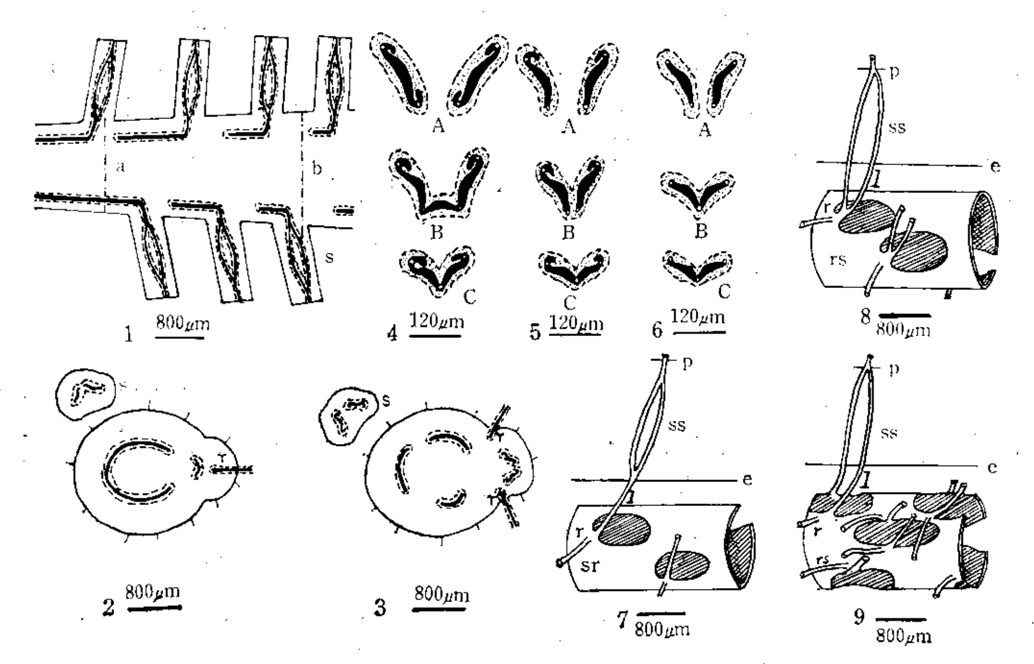


图 1　1—3. 蜘蛛岩蕨根状茎：1. 纵切面，近基部(a)为疏隙中柱，中部(b)为网状中柱；2—3. 横切面：2. 疏隙中柱，3. 网状中柱。4—6. 岩蕨科植物叶轴维管束式样：4. 球子蕨亚型；5. 密毛岩蕨亚型；6. 膀胱蕨亚型。（A. 叶柄中部，B. 基部羽片着生处，C. 叶轴中部。）7—9. 叶轴维管系统类型：7. 毛盖岩蕨型；8. 毛盖岩蕨型和球子蕨型的过渡型；9. 球子蕨型。（s. 叶柄，rs. 根状茎中柱，ss. 叶轴维管系统，l. 叶迹，r. 根迹，e. 根状茎表皮，p. 基部羽片着生处，涂黑区：木质部，白点：原生木质部，黑点：韧皮部，虚线：内皮层。）

Fig. 1　1—3. Diagram of stelar system of rhizome in *W. andersonii*: 1. Vertical section: solenostelic form in the lower part (a) and dictyostelic form upwards (b); 2—3. Transection: 2. Solenostele; 3. Dictyostele. 4—6. Three subforms of Onoclea form of vascular bundles of rachis in Woodsiaceae: 4. Onoclea subform; 5. Rosthorniana subform; 6. Protowoodsia subform. (A. the middle part of stipes, B. the attaching point of the base pinnae, C. the middle part of rachises.) 7—9. Stelar types of the rachises in Woodsiaceae: 7. Lanosa type; 8. Transitional form between Lanosa type and Onoclea type; 9. Onoclea type. (s. stipe, rs. stele of rhizome, ss. stele of rachis, l. leaf trace, r. root trace, e. epidermis of rhizome, p. attaching point of the base pinnae. black: xylem; small white circles: protoxylem; spotted: phloem; broken line: endodermis.)

型网状中柱，有较大的叶隙(图1：9 和图版 1：11)。 Ogura[10] 认为岩蕨类植物为网状中柱的茎轴，而研究表明，蜘蛛岩蕨 *W. andersonii* (Bedd.) Christ 和膀胱蕨 *Protowoodsia manchuriensis* (Hook.) Ching 的基部根状茎为疏隙中柱，只具有一个多半圆的维管柱，叶隙较小(图 1：1(a)，2，7和图版 1：5)，随着叶的增多，节间的密集和叶隙的扩大，变为有两个以上分体中柱的网状中柱 (图 1：1(b)，3，8 和图版 1：6)，这是疏隙中柱到网状中柱的过渡类型，它比典型网状中柱为原始。

3. 叶轴

从叶迹、叶柄基部及中部、基部羽片着生处、叶轴中部直到叶尖的不同部位，作连续横切面观察，一方面可以比较不同种的维管束结构，另一方面又可以比较它们个体发育的差别，便于系统发育研究。

从叶柄中部横切面来看，维管系统有两个维管束，每个维管束由一层内皮层细胞包围，里面是维管束鞘薄壁细胞，韧皮部分子分布在木质部周围形成周韧的维管式样 (图版 2：12)。

木质部管胞分子的排列有如下式样：(1)典型的海马型(Hippocampus-shaped)(图 1：4(A)；图版 2：6，11)，称为球子蕨亚型 (Onoclea subform) 岩蕨科观察到 7 个种 (表 1)。(2)另两类具有非典型海马型木质部：① 膀胱蕨亚型 (Protowoodsia subform)，木质部两端失去弯钩(图1：6(A)；图版2：12)，观察到 6 个种(表 1)；②密毛岩蕨亚型 (Rosthorniana subform)，木质部一端失去弯钩(图 1：5 (A)；图版 2：13)，只观察到一个种。较进化的类群，叶轴维管束木质部具有典型的海马型结构；较原始的类群，如毛盖岩蕨 *W. lanosa* Hook.、蜘蛛岩蕨等具有非典型的海马型结构。

叶轴维管系统有两个类型：(1) 球子蕨型 (Onoclea type)：由叶迹的连续横切面观察，茎轴中柱的两个分体中柱相邻端，分别分出两个彼此分离的两个维管束，构成叶迹(图版 2：8—10；图 1：9)。每个维管束含一组木质部，呈“八”形的两个维管束，大的开口端在近轴面(图 1：2，3)。进入叶柄则由两个维管束构成维管系统。上述类型 Ogura[10] 又称为双柱型 (Distelic type)。 通常未达叶柄顶部时，两个维管束就逐渐靠近，合为一个(图版 2：4—5；图 1：B)。从基部羽片着生处向上，一个维管束中的两组木质部，于背轴面渐渐联合，形成 “C” 形(图版 2：6；图 1：C)。 到叶轴顶部时，木质部逐渐简化为略向背轴面凸出的“一”形 (图版 2：7)。由于不同种叶轴维管束木质部式样不同，从叶柄基部到基部羽片着生处，叶轴维管系统变化如图 1：4—6所示略有差异，但从基部羽片着生处到叶尖，叶轴维管系统的变化在岩蕨科各个种中基本一致。球子蕨型叶轴维管系统在本科观察到 9 个种(表 1)，是进化地位较高的类群。(2)毛盖岩蕨型 (Lanosa type)：叶迹由茎轴一个分体中柱产生，形成一个维管束的叶迹(含两组背轴面联合的 “C” 形木质部见图版1：7—11)。进入叶柄后才逐渐分离成两个维管束(图版 1：12，13；图 1：7)，而未达基部羽片着生处，它们又渐合为一个 (图 1：7)。此种类型未见报道，作者认为来源于一个茎轴分体中柱，分出一个维管束的叶迹，而达叶柄又分开成两个维管束，不同于双柱型，实际上是双柱型与单柱型 (Monostelic type) 的过渡型。观察到 5 个种 (表 1) 为本科比较原始的类群。

笔者还观察到上述两种类型的过渡情况，在岩蕨和膀胱蕨中，从根状茎连续切片中看

表 1 14 种岩蕨科植物叶柄及叶轴的比较解剖

Table 1 Comparative anatomy of petiole and rachis of 14 species of the Woodsiaceae

种 名 Species	维管束木质部式样 Form of the vascular bundle	维管系统类型 Type of the stele
Protowoodsia manchuriensis	膀胱蕨亚型(非典型的海马型) Protowoodsia subform (Non-typical hippocampus-shaped bundle)	球子蕨型与毛盖岩蕨型的过渡型(双柱型) The transitional typeis between the Onoclea and the Lanosa types (Distelic type)
W. lanosa	膀胱蕨亚型 Protowoodsia subform	毛盖岩蕨型(单柱型与双柱型的过渡型) Lanosa type (The transitional type between the monostelic and the distelic types)
W. andersonii	膀胱蕨亚型 Protowoodsia suform	毛盖岩蕨型 Lanosa type
W. rosthorniana	密毛岩蕨亚型(非典型的海马型) Rosthorniana subform (Non-typical hippocampus-shaped bundle)	球子蕨型(双柱型) Onoclea type (Distelic type)
W. shensiensis	膀胱蕨亚型 Protowoodsia subform	毛盖岩蕨型 Lanosa type
W. glabella	同上 do.	同上 do.
W. hancockii	同上 do.	同上 do.
W. ilvensis	球子蕨亚型(典型海马型) Onoclea subform (Typical hippocampus-shaped bundle)	球子蕨型与毛盖岩蕨型的过渡型 The transitional type between the Onoclea and the Lanosa types
W. macrochleana	球子蕨亚型 Onoclea subform	球子蕨型 Onoclea type
W. oblonga	同上 do.	同上 do.
W. polystchoides	同上 do.	同上 do.
W. subcordata	同上 do.	同上 do.
W. elongata	同上 do.	同上 do.
Cheilanthopsis indusiosa	同上 do.	同上 do.

到，一个分体中柱的中部木质部增加，分体中柱在增加木质部分子的中央部位逐渐分开，形成两个维管束的叶迹(图版 2：1—3；图 1：8)，此类型仍属于双柱型。应该注意到，这些植物茎轴中柱叶隙较小，甚至有的种(如膀胱蕨)部分根状茎具疏隙中柱。虽然具有两个维管束的叶迹，但来自一个分体中柱，与其它具有典型双柱型的岩蕨科植物相比，它们的进化地位较为原始。

4. 叶柄关节

岩蕨属有 10 个种具叶柄关节，可分为两个类型，一类关节外观环形，垂直于叶柄纵轴，水平观察"一"形(图 2：1；图版 3：1)，位于基部羽片以下，称为"基羽下位"关节。它由三或四层细胞的离层组织构成，离层细胞比周围组织细胞小得多(图版 3：11)，用番红固绿对染的片子中见到离层细胞呈鲜艳的绿色，皮层细胞着淡绿色，表皮细胞则为红色。离层在叶柄的径向切面中呈倒"八"字形(图版 3：3)，切向切面"U"形(图版 3：2)，由远基向近基的连续横切面是渐变小的鲜绿色圆环。可以想象离层为漏斗状(图 2：1)，较小的一端向基部，离层细胞紧靠着维管束内皮层(图版 3：11)，较大的一端突出于叶柄表皮形成关节状(图版 3：1，3)，维管束从中央穿过。衰老的叶从关节处断开，宿存的叶柄关节断

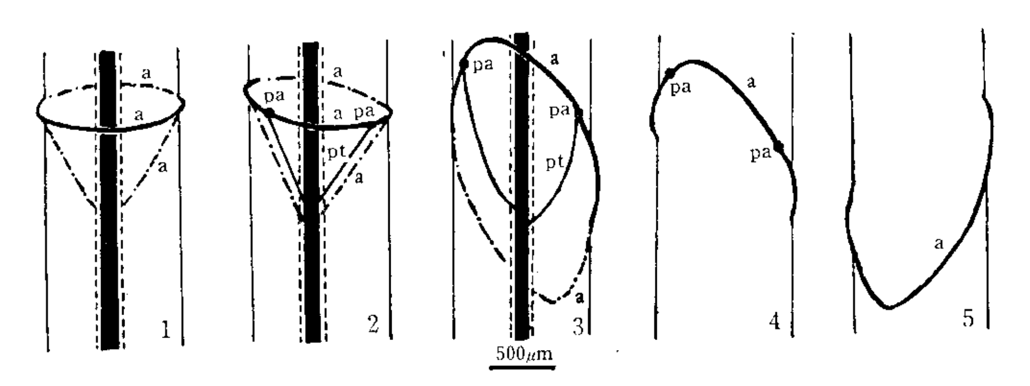


图 2　叶柄关节离层组织类型　1.岩蕨的基羽下位关节；　2—5.基羽准位关节，　2.大囊岩蕨，3—5.心岩蕨，3.近轴面观，4.近轴面外观，　5.远轴面外观。（a. 离层，pt. 离层中的基部羽片迹，pa. 基部羽片着生处。涂黑区：木质部。虚线：内皮层。细线：表皮。）

Fig. 2. Diagram of types of the abscission layer of stipe joint. 1. Stipe joint below the attaching point of base pinna, *W. ilvensis*; 2—5. Stipe joint at the attaching point of base pinna: 2. *W. macrochleana*, 3—5. *W. subcordata*: 3. Adaxial view, 4—5. The ambit of stipe joint: 4. Adaxial view, 5. Abaxial view. (a. abscission layer, pt. trace of base pinna in abscission tissues, pa. attaching point of base pinna. black: xylem; broken line: endodermis. thin line: epidermis.)

头为整齐的酒盅状。叶柄关节在幼叶即已形成，采集新鲜材料时，叶片极易从关节处断掉。观察到 5 个种具有这样的关节(表2)。基羽下位关节在叶柄上的位置(中部偏上、中部或中部偏下),随叶龄及环境条件不同可有不同,它不是很稳定的特征。

另一类关节恰恰位于基部羽片着生处,称为"基羽准位"关节。它的解剖学特征是:基部羽片迹的维管束始终被离层细胞包裹(图版 3：9,10),一直到叶柄表皮(图版 3：6,7),成为基部羽片的小主脉 (图版 3： 4，5，8)。 具有这类叶柄关节的一些种如大囊岩蕨 *W. macrochleana* Mett. 和妙峰岩蕨 *W. oblonga* Ching et. S. H. Wu, 关节突出,水平观察呈"一"字形(图 2：2;图版 3：6),离层漏斗状(图 2：2)。另一些种如心岩蕨等(表 2),关节不明显突出,有的用放大镜才能看清楚,离层为倾斜的漏斗状 (图 2：3),较大的一端向上倾斜,与叶柄表皮相交,所以从背轴面水平观察,关节呈 "V" 形(图 2：5),而在向轴面则呈倒 "V" 形(图 2：4),基部羽片痕恰在 "V" 形的两端 (图 2：3;图版 3：5)。 心岩蕨具基羽准位叶柄关节，"V" 形关节尖端常可下延至基部羽片着生处以下 2 — 3mm，容易被误解为"关节位于叶柄中部偏上",或象 Brown[6] 那样的错误： "……关节位于第一对羽片着生处下至少 0.5mm处"。有时基部羽片脱落造成假的基羽下位关节,干标本常见此种情况。具有基羽准位关节的不同种,无论关节的外观是"一"形还是 "V" 形，由于第一对羽片有程度不同的不对称,致使关节偏斜状。描述岩蕨属植物叶柄关节常见用"偏斜"或"水平"等词,是不确切的，不能反映两类不同关节的实质差异。例如：具有基羽准位关节的妙峰岩蕨和大囊岩蕨,有的标本基部羽片比较对称,关节外观为水平"一"形，这样很容易与叶柄关节外观水平"一"形的岩蕨，旱岩蕨 *W. hancockii* Bak. 等具基羽下位关节的种相混淆。观察到 5 个种在本属具基羽准位叶柄关节 (表 2)。这类关节也是幼叶时形成,但采集不易从关节处断裂,衰老叶从关节处断开,宿存叶柄断头不整齐。

基羽下位和基羽准位叶柄关节是稳定的形态特征,与染色体数目存在着相关性,具前

表2 10种岩蕨属植物叶柄关节类型及染色体数目

Table 2 The types of stipe joints and chromosome numbers of 10 species of *Woodsia*

种 名 Species	基羽下位叶柄关节 The stipe joint below attachment point of the base pair of pinnae	基羽准位叶柄关节 The stipe joint at attachment point of the base pair of pinnae		染色体数目[9] Chromosome numbers	
		"—"形 "—"-shaped	"V"形 "V"-shaped	基数 (x)	配子体染色体数目 (n)
W. shensiensis	+				
W. glabella	+			39	39
W. hancookii	+				
W. ilvensis	+			39	39,41
W. alpina	+			39	78
W. macrochleana		+		41	41
W. chlonga		+			
W. intermedia			+	41	82
W. polystichoides			+	41	41
W. subcordata			+	41	c.80

+ 表示具有该性状。

一特征的种，染色体基数为39(表2)；具后一特征的种，染色体基数为41(表2)。岩蕨和心岩蕨有例外情况，岩蕨具基羽下位关节，而染色体数目结果分歧[9]：n＝39、40—41、c41和41。这一方面可能是计数有误；另一方面可能该种有n＝41和n＝39两个细胞型。这个种出现的染色体数目(n＝41)与基羽下位关节性状不相关，是否说明了岩蕨属有关节的两个分类群即岩蕨组和耳羽岩蕨组，有较近的亲缘关系？还有待进一步研究。作者[9]认为，心岩蕨可能是岩蕨和耳羽岩蕨杂交起源的能育的异源四倍体。它的染色体数目为n＝c80，具基羽准位关节。关节位置国内外分类学者有不同报道，即恰在基部羽片着生处或在以下两类。光田重幸[3]根据关节位置的不同还提出新分类群。杂种起源的心岩蕨，由于可能的祖先亲本具有两类叶柄关节，后代可能出现性状分离的复杂情况。

5. 孢子囊群

岩蕨科植物多数种的孢子囊群脉背生，其中滇蕨 *Cheilanthopsis indusiosa* (Christ) Ching 和膀胱蕨 *Protowoodsia manchuriensis* (Hook.) Ching 近叶脉末端生，长叶岩蕨 *W. elongata* Hook. 是叶脉末端生。囊群托凸起或略凸，囊柄有3列细胞，每列3或4个细胞。产生64个孢子，成熟方式是级度的。有垂直的环带细胞和薄壁的裂口带细胞，环带细胞数目每个种不同，列于表3。原始的种群环带细胞数多达30个以上，进化的种群例如长叶岩蕨只有14个。下位的囊群盖有多种形态，它们的特征是稳定的，在分类学和系统发育的研究中是很有价值的。由分离的针头状节状毛构成囊群盖的种有3个：甘南岩蕨 *W. macrospora* C. Chr. et Maxon、毛盖岩蕨 *W. lanosa* Hook. 和赤色岩蕨 *W. cinnamomea* Christ。囊群盖由分离的或部分并合的毛(原始鳞片，图版4：12)构成，此类只有1种即蜘蛛岩蕨 *W. andersonii* (Bedd) Christ。大部分种(14个)的孢子囊群盖为大小不

等的盘状,裂成 3 到 5 个裂片,裂片边缘着生毛，毛的类别和该种所具有的相一致。产美洲的 8 个种囊群盖亦为盘状。长叶岩蕨和膀胱蕨以及产苏联的 *W. fragilis* (Trev.) Moore 和产非洲的 *W.mollis* (Klf.) J. Smith 囊群盖则是球状的。少数种 (长叶岩蕨和滇蕨)叶片边缘反折形成假囊群盖覆盖在孢子囊群上,此种性状是进化的。

在不同的种群中,囊群盖从分离的毛到愈合为球状,这种量变到质变的过程，是很有趣的。具有毛状或原始鳞片状囊群盖的种如蜘蛛岩蕨根状茎具有疏隙中柱到网状中柱的过渡类型；而具有盘状囊群盖的绝大多数种则是网状中柱的根状茎。因此从系统发育的角度来看,囊群盖是由分离毛状向球状演化的。

6. 毛和鳞片

岩蕨科植物配子体上只有单细胞头状毛,孢子体上毛和鳞片并存,叶轴和羽片主脉上毛状体占优势。孢子体上的毛有三大类型：(1)头状毛：单细胞头状毛,直接着生于表皮(图版 5：1,2)；节状头状毛,多细胞,末端细胞头状(图版 5：3—5,23)。它们均无分泌功能。(2)针头状节状毛(由多个细胞构成,末端细胞针状,其它细胞柔软,横截面扁圆形,弯曲)：直壁针头状毛,毛的相邻细胞壁是直的(图版 5：6—9)；曲壁针头状毛,有的相邻细胞壁是向基弯曲的(图版 5：10—12)。(3) 圆柱状节状毛,由多个细胞构成，末端细胞略尖,棒状,细胞截面圆形,粗而硬,不弯曲，相邻细胞壁是直的(图版 5：17—22)。以上各类毛常见由单列和双列混合构成(图版 5：13—15、19，22)，这是毛和鳞片的过渡形式。原始鳞片是由几个节状头状毛或针头状节状毛(同类或混和)，基部并合而成(图版 5：16 和图版 4：12)。19 种岩蕨科植物具有毛的类型列于表 3。

Brown[6] 把多细胞毛分为长细胞和短细胞两类,认为长细胞毛较为原始,并将这个性状用于系统发育的讨论。实际观察表明,针头状毛几乎全由较长细胞构成,难以区分长短两类;节状头状毛和圆柱状节状毛,同一根毛常见长短细胞兼有(图版 5：17—20)，而且 Brown[6] 未给出毛的细胞“长”或“短”的定义,理解上难以捉摸。毛的细胞长或短,多或少因环境变化,发育早迟而不同，不是稳定特征。此外 Brown[6] 还把圆柱状节状毛与针头状毛混为一类,前面已述及它们有质的不同,是两种类型。查清种群具何类型的毛是稳定的性状,用于系统发育和分类学研究是有价值的。

鳞片和毛没有绝对的界线,为描述方便,两列以上细胞的毛状体称为鳞片。岩蕨科植物除蜘蛛岩蕨有原始鳞片着生在孢子囊托上以外,多为较大的普通鳞片,在根状茎和叶柄基部占优势。有的种在叶轴或羽片主脉上也有分布，例如心岩蕨和耳羽岩蕨。多数鳞片披针形，但有的种例如长叶岩蕨和滇蕨具有形状不规则的鳞片(图版 5：42)。边缘整齐或具粗齿,黄棕色或无色,细筛孔状，基部截形贴生。一些鳞片中央有几个到半数以上的不透明的细胞 (图版 5：24、40 和 41),其它则是透明的。岩蕨科植物鳞片的主要式样见图版 5：24—42。

7. 孢子的比较形态

孢子两侧对称,极面观长椭圆形或近圆形,赤道面观豆形，极轴长 22.3—54.7μm，长赤道轴长 32.5—77.6μm，短赤道轴长 27.7—59.8μm。单裂缝，长度为孢子长度的 1/2 以上(图版 7：13)。具淡棕色周壁，褶皱成网状或拟网状。表面具颗粒状、微刺状、棒状、小瘤状或不规则网状纹饰,有的周壁上具小穴。孢子外壁光滑,无色透明(图版 7：13)。21

表 3 19 种岩蕨科植物毛的类型和环带细胞

Table 3 Trichomes and annulus cells of 19 Species of *Woodsiaceae*

种 名 Species	头状毛 Capitate Hairs		斜头状节状毛 Needle-pointed multicellular hairs		圆柱状节状毛 Cylindric multicellular hair	孢子囊环带细胞数目 Number of annulus cells in sporangia	
	节状 Multicellular	单细胞 Unicellular	直细胞壁 Straight walls	弯曲细胞壁 Curved walls		范围 Range	概率密度最大的数目 The maximum probability density
W. macrospora	+	+	+	+		29—33	31
W. cinnamomea	+	+	+	+		21—25	23
W. lanosa		+	+	+		20—24	22
W. andersonii	+		+			18—25	23
W. rosthorniana		+		+		18—22	21
W. cycloloba	+		+			26—33	30
W. shensiensis		+	+			18—24	22
W. glabella			+			21—25	23
W. hancockii			+			16—20	18
W. ilvensis				+		16—22	19
W. alpina			+	+		16—25	19
W. macrochleana		+	+	rare		15—17	16
W. oblonga		+	+	rare		14—18	17
W. intermedia		very rare		+		16—20	18
W. polystichoides				+		14—18	16
W. subcordata				+		15—20	18
W. elongata	+	+			+	19—25	22
Protowoodsia manchuriensis		+				12—18	15
Cheilanthopsis indusiosa	+	+			+	12—16	14

+ 表示具有该性状。

个种孢子大小[长赤道轴长度 × 短赤道轴长度，30 个孢子平均值 (μm)]、周壁纹饰和凭证标本(采集人、号、产地)依次描述如下：

甘南岩蕨 *W. macrospora* C. Chr. et Maxon: 66.4 × 42.2；褶皱成大网状或拟网状，表面密布微刺；N. E. Adjuan 13712, Hsiaoku, Shimen, East Tebbu land(甘肃西南)(图版 6: 1;图版 8: 1)。

赤色岩蕨 *W. cinnamomea* Christ: 50.3 × 41.4；褶皱成大刺状突起；Wilson 5369，甘肃西南(图版 6: 2;图版 8: 2)。

毛盖岩蕨 *W. lanosa* Hook.: 65.3 × 49.4；褶皱成大网状，表面略不平，有稀疏棒状纹饰；T. T. Yu(俞德浚) 13020,四川西部(图版 6: 3;图版 8: 4)。

蜘蛛岩蕨 *W. andersonii* (Bedd.) Christ: 68.2 × 48.8；表面具刺状或棒状纹饰，刺的基部升高形成网状纹饰，网脊为分枝状，高低不平；朱维明、冯永明 893，云南，丽江，玉龙山(图版 7: 9, 13)。

密毛岩蕨 *W. rosthorniana* Diels: 46.1 × 36.3；周壁具脊状突起，表面具很细而密的小瘤状纹饰和稀疏的小穴；应俊生 4874，云南大理(图版 6: 4;图版 8: 3)。

栗柄岩蕨 *W. cycloloba* Hand.-Mazz.: 71.9 × 55.6；褶皱成大网状，表面有稀疏小

刺(网脊上较多)和小穴；T. T. Yu 7610，四川木里(图版 6：5;图版 8：5)。

陕西岩蕨 *W. shensiensis* Ching：48.2 × 38.8；褶皱成网状或拟网状，表面具稀疏小颗粒和小棒状纹饰，有较多的小穴；T. N. Liou & P. C. Tsoong 1171，陕西太白山 (图版 6：6；图版 8：7)。

光岩蕨 *W. glabella* R. Br.：44.8 × 33.9；褶皱成脊状隆起，顶端具小刺，表面具模糊的小颗粒和小刺状纹饰及小穴；梁家骥 C4，河北小五台山(图版 6：7；图版 8：6)。

旱岩蕨 *W. hancockii* Bak.：41.6 × 35.7；褶皱成大网状，网脊有时不完全连结，表面有稀疏棒状纹饰和小穴；河北农大 2562，河北涞源(图版 6：8;图版 8：8)。

岩蕨 *W. ilvensis* R. Br.：46.1 × 35.2；褶皱成大网状或拟网状，表面密布小瘤状纹饰；张慈忠 108，黑龙江密山(图版 6：9;图版 8：9)。

高山岩蕨 *W. alpina* Gray.：47.7 × 37.2；褶皱成大网状，表面偶有小穴；秦仁昌 8109，中亚细亚(图版 6：10;图版 8：13)。

大囊岩蕨 *W. macrochleana* Mett.：57.8 × 39.6；褶皱成大网状，表面具小颗粒状、棒状纹饰和小穴；T. Takei 9，日本，木曽神社(图版 6：11;图版 8：11)。

妙峰岩蕨 *W. oblonga* Ching et S. H. Wu：56.3 × 41.3；褶皱成大网状或脊状隆起，表面具极不规则的网状纹饰，网脊分枝状；李法曾 412，山东泰山(图版 6：12;图版8：12)。

中岩蕨 *W. intermedia* Tagawa：56.0 × 41.2；褶皱成规则的大网状，表面具极不规则的网状纹饰；G. Sato 6004，承德平泉(图版 7：1，图版 8：10)。

耳羽岩蕨 *W. polystichoides* Eat.var. *polystichoides*：48.6 × 39.1；褶皱成大网状，表面有大小不等颗粒状纹饰成丛排列和稀疏棒状纹饰；马义伦、王建中 81025，辽宁凤凰山(图版 7：4；图版 8：16)。

深波岩蕨 *W. polystichoides* Eat. var. *sinuata* Hook.：50.1 × 43.2；褶皱成大网状；表面有大小不等颗粒状纹饰成丛排列和很小的穴；马义伦、王建中 81024，辽宁凤凰山(图版 7：3；图版 8：14)。

心岩蕨 *W. subcordata* Turcz.：51.1 × 41.6；褶皱成大网状，表面有较密的颗粒状和稀疏的棒状纹饰；马义伦、王建中 81036，辽宁凤凰山(图版 7：2;图版 8：15)。

长叶岩蕨 *W. elongata* Hook.：49.8 × 37.4；具有少数褶皱状隆起，表面有很不明显的瘤状纹饰，纹饰表面具有瘤和小棒；刘慎锷 21350，大理苍山(图版 7：5;图版 8：20)。

W. scopulina Eat.：50.4 × 38.1；褶皱成大网状，表面有稀疏的棒状纹饰和小穴；S. Mand & Mrs E. B.Zeller 1191，Mt. Conetitution，San juan Islands，美国(图版 7：8;图版 8：19)。

W. fragilis (Treviranus) Moore：55.1 × 46.2；褶皱成大网状；网脊上具有头部略尖的小棒状纹饰和小穴；W. Markowicz s. n.，苏联高加索山(图版 7：10,11)。

膀胱蕨 *Protowoodsia manchuriensis* (Christ) Ching.：51.2 × 38.0；具很不明显的小脊状隆起，有时脊状隆起连成网状，顶端具小刺或小棒，表面具极不规则的细网状纹饰；马义伦、王建中 81029，辽宁凤凰山(图版 7：6;图版 8：18)。

滇蕨 *Cheilanthopsis indusiosa* (Christ) Ching：53.6 × 37.4；褶皱成大网状，表面具规则的穴网状纹饰和稀疏小刺；夏群、马义伦 0160，云南鸡足山(图版 7：7；图版 8：17)。

Brown[6] 认为岩蕨类植物的孢子形态在种间差异很小，无区分种的意义。而孢子周壁纹饰的扫描电镜观察表明，这类差异明显，例如：Brown[6] 把外部形态相近的甘南岩蕨和赤色岩蕨处理为一个种，实际上它们孢子的大小和周壁纹饰差别相当明显，甘南岩蕨有微刺状纹饰而赤色岩蕨则没有(图版 6：1,2；图版 8：1,2)。在形态上也可区分，前者羽片近圆形，边缘着生节状头状毛，罕见曲壁针头状毛；后者羽片圆披针形，边缘着生针头状毛，表面密被曲壁针头状毛，作为两个类群是无疑问的。相反，喜马拉雅岩蕨 *W. himalaica* Ching et S. K. Wu (1983)[5] 与高山岩蕨比较，虽然羽片形状等有些不同，但它们的孢子大小和周壁纹饰基本一致，作为一个新种是值得商榷的。一般认为亲缘较近的种群往往孢子有接近的周壁纹饰。耳羽岩蕨、深波岩蕨和心岩蕨亲缘关系较近，具类似的颗粒状纹饰 (图版 7：2—4)。膀胱蕨的孢子两面型，周壁纹饰与本科其它种都不同，不褶皱成大网状，而是略隆起成模糊脊状，表面呈极不规则的细小网状(图版 7：6；图版 8：18)。可以做为分属特征之一。

孢子大小与岩蕨科系统发育有关，进化地位较低的类群孢子较大，如平均长赤道轴长度，栗柄岩蕨达 71.9μm，蜘蛛岩蕨 68.2μm，甘南岩蕨 66.4μm 等；而进化地位较高的种孢子较小，如旱岩蕨 41.6μm，耳羽岩蕨 50.1μm等，相应的形态解剖特征也较为进化。孢子的比较形态是系统演化和种间亲缘关系研究的重要依据之一。

岩蕨科植物共同的形态特征是：根状茎和叶都有鳞片和毛；叶柄或叶轴宿存；叶片披针形，一回羽状到二回羽状；叶脉分离不达叶缘；叶表皮细胞为裂片状交错搭接 (图版 4：7—10)，只有密毛岩蕨 *W. rosthorniana* Diels 是边缘尖角状 (图版 4：5—6)，气孔只见于下表皮。平均株高(30 个成熟植株)不同种由 6cm 到 34cm。叶柄有或无关节，直径 0.5—4.5cm。叶轴黄棕色到紫棕色或禾秆色。叶片除甘南岩蕨和赤色岩蕨为偶数一回羽状，栗柄岩蕨 *W. cycloloba* Hand-Mzt. 奇数一回羽状外，其余种均为羽状，顶端渐狭为羽裂状，薄纸质到坚纸质。不同种的成熟植株一回羽片平均 4—32 对。多数种羽片披针形钝头，但有的种如甘南岩蕨和栗柄岩蕨近圆形，羽片基部截形、不对称楔形或圆形，大囊岩蕨 *W. macrochleana* Mett. 羽片基部与叶轴合生。妙峰岩蕨 *W. oblonga* Ching et S. H. Wu 羽片基部向上凸起略成耳状，而耳羽岩蕨 *W. polystichoides* Eat.、中岩蕨 *W. intermedia* Tagawa、和心岩蕨 *W. subcordata* Turcz. 则明显耳状。羽片基部由凸起到明显耳状，在本科是演进性变化，耳状羽片多见于进化的种群。多数种羽片的边缘细胞 (10×10低倍镜下观察) 排列平滑整齐 (图版 4：3—4)，有的种如毛盖岩蕨、长叶岩蕨和滇蕨细胞排列是参差不齐的(图版4：1—2)后者是衍生的性状。

岩蕨科有的种存在二型性叶，即不育叶与能育叶形态不同。如耳羽岩蕨，不育叶叶片薄，颜色深绿，毛状体减少，羽片较大，间隔加宽，由全缘变为浅波状裂，无孢子囊群。这些特征象郁蔽型植株不易引起注意。另外耳羽岩蕨广布于我国 20 多个省(区)市，日本和朝鲜等地，生境变化复杂，是一个叶片形态变异较大的种群，岩蕨、心岩蕨和中岩蕨也是这样。泰山岩蕨 *W. taishanensis* F. Z. Li et C. K. Ni[4]除了叶片和羽片有些变异，其它方面，如孢子周壁纹饰和中岩蕨一致，作为一个新分类群是值得商榷的，建议作为中岩蕨的异名处理。

附录 (Appendix)：**解剖学实验材料凭证标本** (vouchers) 毛盖岩蕨 *W. lanosa* Hook.：云南苍山，夏群、马

义伦 83、85。蜘蛛岩蕨 *W. andersonii* (Bedd) Christ: 云南苍山，夏群、马义伦 82、232。密毛岩蕨 *W. rosthorniana* Diels: 云南苍山，夏群、马义伦 2101、2102、2103。陕西岩蕨 *W. shensiensis* Ching: 陕西太白山，K. S. Hao 4469 (Type); 陕西太白山，T. N. Liou 1301、1171。光岩蕨 *W. glabella* R. Br.: 河北小五台山，梁家骥 C4。旱岩蕨 *W. hancockii* Bak.: 河北涞源县，河北农大 43383。岩蕨 *W. ilvensis* R. Br.: 黑龙江培德县，张慈忠 108。大囊岩蕨 *W. macrochleana* Mett.: 日本水曾神社，Takei 567254; 山东昆嵛山，李建秀 2001。耳羽岩蕨 *W. polystichoides* Eat. var. *polystichoides*: 河北滦平县，马义伦 81056、81064、81072; 辽宁凤城县，马义伦 205、206、209。深波岩蕨 *W. polystichoides* Eat. var. *sinuata* Hook.: 河北滦平县，马义伦 81054; 辽宁凤城县，马义伦 81023、81024、81027、207。中岩蕨 *W. intermedia* Tagawa: 河北滦平县，马义伦 81053、81055。心岩蕨 *W. subcordata* Turcz.: 辽宁凤城县，马义伦 107、203、81036。长叶岩蕨 *W. elongata* Hook.: 云南鸡足山，夏群、马义伦 2381、2382、2392、1651。膀胱蕨 *Protowoodsia manchuriensis* (Hook) Ching: 辽宁凤城县，马义伦 81029、202、208。滇蕨 *Cheilanthopsis indusiosa* (Christ) Ching: 云南鸡足山，夏群、马义伦 157、158、159、167。

参　考　文　献

[1] 中国科学院植物研究所，1972: 中国高等植物图鉴，第 1 册，科学出版社，221—223。
[2] 中国科学院植物研究所、西北植物研究所，1974: 秦岭植物志第二卷，科学出版社，143—147。
[3] 光田重幸，1979: ヒソデソダとキタダステンダ *Acta Phytotax. Geobot.* **30**(1—3):99—100.
[4] 李法曾、倪陈凯，1982: 山东秦山蕨类植物的两新种，植物分类学报 **20**(3): 343—344.
[5] 秦仁昌，1983: 西藏植物志第一卷(蕨类植物门)，科学出版社。
[6] Brown, D. F. M., 1964; A monograpic study of the fern genus Woodsia, J. Cramer, Weinheim.
[7] Bower, F., 1928: The fern, vol. III, Cambridge, 99—119.
[8] Ching, R. C., 1932: The study of Chinese ferns VIII. *Sinensia* **3**: 131—156.
[9] Ma Yilun, 1985: Cytology and taxonomy of Woodsiaceae. *Fern Gaz.* **13**(1): 17—24.
[10] Ogura, Y., 1972: Comparative anatomy of vegetative organs of Pteridophates. (2nd ed.) Gebrüder Borntraeger, Berlin. 1—140.

STUDIES OF THE CHINESE WOODSIACEAE(2) ——COMPARATIVE MORPHOLOGY AND ANATOMY OF MATURE SPOROPHYTES

MA YI- LUN

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing)

Abstract the comparative studies of morphology and anatomy of 19 species of Chinese Woodsiaceae are reported in the present paper. It includes anatomy of root, rhizome, rachis and joint on stipe; comparative morphology of the fronds and its parts, trichomes and indusia and an observation of the spores under SEM. The information is applied to discussing phylogeny and systematics briefly. The anatomical studies do provide taxonomic studies with evidence so that they should not be abandoned. For example, the stipe joints of *Woodsia* have two types, the stipe joint below the attachment point of the base pair of pinnae and the stipe joint just at the attachment point of that; the abscission layer of the former does not have pinna trace in it and the basic chromosome number is 39. However, the abscission layer of the latter does and the basic chromosome number is 41. It is obvious that the anatomical characters can be used for infrageneric subdivision of *Woodsia*.

Key words Woodsiaceae; root; rachis; joint; spore; comparative morphology; comparative anatomy

Explanations of plates

Plate 1. 1—4. Transections at the root hair zone of *Woosia*: 1. *W. ilvensis;* 2. *W. polystichoides;* 3. A root stele of *W. ilvensis* showing no pith in it; 4. *W. elongata.* 5—11. Transections of the rhizome: 5—6. *W. andersonii,* 5. Basal part, 6. Middle part; 7—11. *W. lanosa.* 12—13. Transections of the stipe in the basal part of *W. lanosa.* (ep, epidermis, c. cortex, e. endodermis, s. pericycle; x. xylem; p. phloem; pi. pith; v. meristele; lg. leaf gap; lt. leaftrace.)

Plate 2. 1—6. *W.* ilvensis: 1—3. A rhizome; 4—6. A stipe, 4—5. Through upper middle part, 6. Through apical part. 7. A rachis of *W. lan*osa in the middle part. 8—10. Arrhizome of *W. polystichoides.* 11—13. The forms of xylem in rachises: 11. Onoclea subform in *W. elongata;* 12. Protowoodsia subform in *W. lanosa;* 13. Rosthorniana subform in *W. rosthorniana.* (e. endodermis; px. protoxylem; mx. metaxylem; p. phloem; v. meristele; lt. leaf trace. All illustrated above show the transections.)

Plate 3. 1—3 and 11. The stipe joint below attachment point of base pair of pinnas in *W. ilvensis*: 1. A tangeatial section near epidermis; 2. A tangential section near center; 3 and 11. Radial section showing the abscission layer without pinna trace in it. 4—10. The stipe joint at attachment point of pair of base pinnas showing the abscission layer with pinna trace in it: 4, 5, and 8. *W. polystichoides,* 4 and 8. A radial section, 5. A tangential section; 6—7. A tangential section near epdermis in *W. macrochleana;* 9—10. A transection of the stipe joint in *W. subcordata.* (a. abscission; v. vascular bundle; 1. point attachment point of base pair of pinnas, p. pinna trace.)

Plate 4. Laminar marginal cells: 1. *Cheilanthopsis indusiosa;* 2. *W. elongata:* 3. *W. subcordata,* 4. *W. andersonii;* 5—10. Laminar colls: 5—6. *W. rosthorniana,* 5. Upper epidermal cells, 6. Lower epdermal cells; 7—8. *W. ilvensis,* 7. Upper, 8. Lower; 9—10. *W. subcordata,* 9. Upper, 10. Lower. 11—19. Indusia: 11. *W. lanosa;* 12. *W. andersonii;* 13. *W. rosthorniana;* 14. *W. subcordata;* 15. *W. polystichoides;* 16. *Protowoodsia manchuriensis;* 17—18. *W. clongata*: 17. A false indusium, 18. A whole view of indusium and false indusium; 19. *Cheilanthorpsis indusiosa.* (The scale: 1—10), 100 μm; 11—15. and 19. 500μm; 16—18. 250μm.)

Plate 5. 1—23. Hairs and 24—42. scales: 1—3. 17—21 and 36—38. *Cheilanthopsis indusiosa;* 4—6. 16, 25, and 26. *W. andersonii;* 7. *W. hancockii;* 8, 11—13 and 24. *W. lanosa;* 9, 14, 15, 31 and 32. *W. ilvensis;* 10 and 33—35. *W. polystichoides;* 22, 23, and 42. *W. elongata*; 27. *W. rosthorniana;* 28—30. *W. subcordata;* 39—41. *Protowoodsia manchuriensis.*

Plate 6. Perispore ornamentation of spores under SEM: 1. *W. macrospora;* 2. *W. cinnamomea;* 3. *W. lanosa;* 4. *W. rosthorniana;* 5. *W. cycloloba;* 6. *W. shensiensis;* 7. *W. glabella;* 8. *W. hancockii;* 9. *W. ilvensis;* 10. *W. alpina;* 11. *W. macrochleana;* 12. *W. oblonga.*

Plate 7. 1—10. Perispore ornamentation of spores under SEM: 1. *W. intermedia;* 2. *W. subcordata;* 3. *W. polystichoides* Eat. var. *sinuata* Hook.; 4. *W. polystichoides* Eat. var. *polystichoides;* 5. *W. elongata:* 6. *Protowoodsia manchuriensis;* 7. *Cheilanthopsis indusiosa;* 8. *W. scopulina;* 9. *W. andersonii;* 10. *W. fragilis;* 11—13. Whole views of spores under SEM: 11. *W. fragilis;* 12. *W. andersonii* showing aberrant spore; 13. *W. andersonii* showing smooth and hyaline exospore.

Plate 8. Whole views of spores under SEM: 1. *W. macrospora;* 2. *W. cinnamomea;* 3. *W. rosthorniana;* 4. *W. lanosa;* 5. *W. cycloloba;* 6. *W. glabella;* 7. *W. shensiensis;* 8. *W.*

hancockii; 9. *W. ilvensis;* 10. *W. intermedia;* 11. *W. macrochleana;* 12. *W. oblonga;* 13. *W. alpina;* 14. *W. polystichoides* Eat. var. *sinuata* Hook.; 15. *W. subcordata;* 16. *W. polystichoides* Eat. var. *polystichoides;* 17. *Cheilanthopsis indusiosa;* 18. *Protowoodsia manchuriensis;* 19. *W. scopulina;* 20. *W. elongata.*

中国罗汉果植物染色体数目观察

关键词　染色体数目，罗汉果

罗汉果 *Siraitia grosvenori* (Swingle) C. Jeffrey ex Lu et Z. Y. Zhang 属葫芦科 Cucurbitaceae，笔者对罗汉果染色体作了观察。材料取自广西永福县龙江乡，王善敏 85-001，凭证标本保存在中国科学院自然资源综合考察委员会标本室。

根尖用 0.002mol/L 8-羟基喹啉预处理 2 小时，在卡诺液中固定，经 1mol/L 盐酸 60℃ 下解离 4—5 分钟，石炭酸品红染色压片。

笔者共选择了 30 个染色体分散良好的细胞，在 100 倍油镜下进行染色体计数。结果表明：所观察的细胞染色体数目均为 2n＝28 (见图 1)，与前人[1)]报道的 2n＝24 不一致。本结果为国内外首次报道。

王善敏（中国科学院自然资源综合考察委员会）



图 1

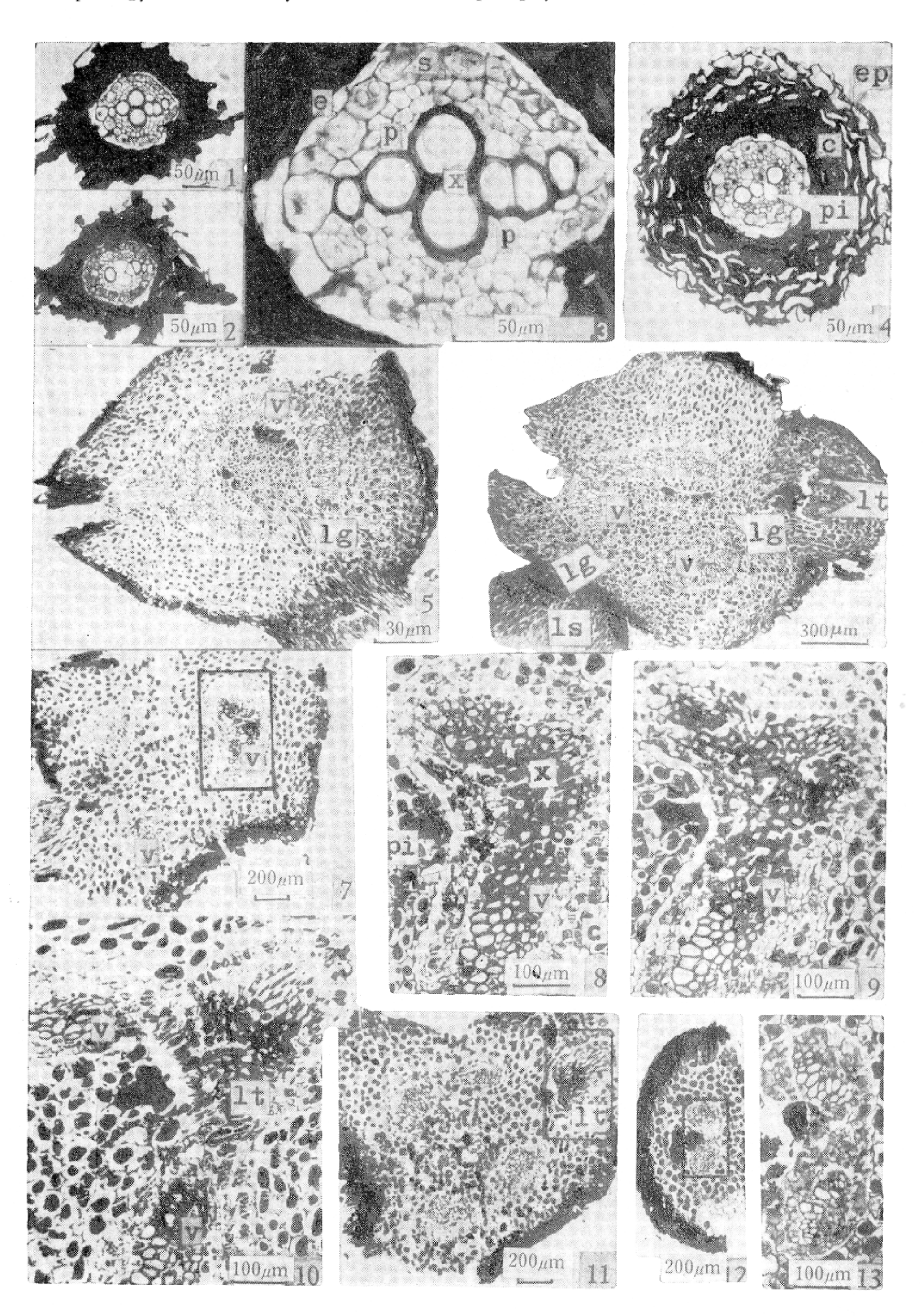
OBSERVATIONS ON THE CHROMOSOME NUMBER OF *SIRAITIA GROSVENORI* IN CHINA

Abstract　A cytological study reveals the chromosome number of 2n=28 for *Siraitia grosvenori* (Swingle) C. Jeffrey ex Lu et Z. Y. Zhang from Yongfu County, Guangxi (fig. 1), which is different from the previous report of 2n=24 (Zou Qi-li et al. 1980). The voucher is deposited in the herbarium of Commission for Integrated Survey of Natural Resources, Academia Sinica.

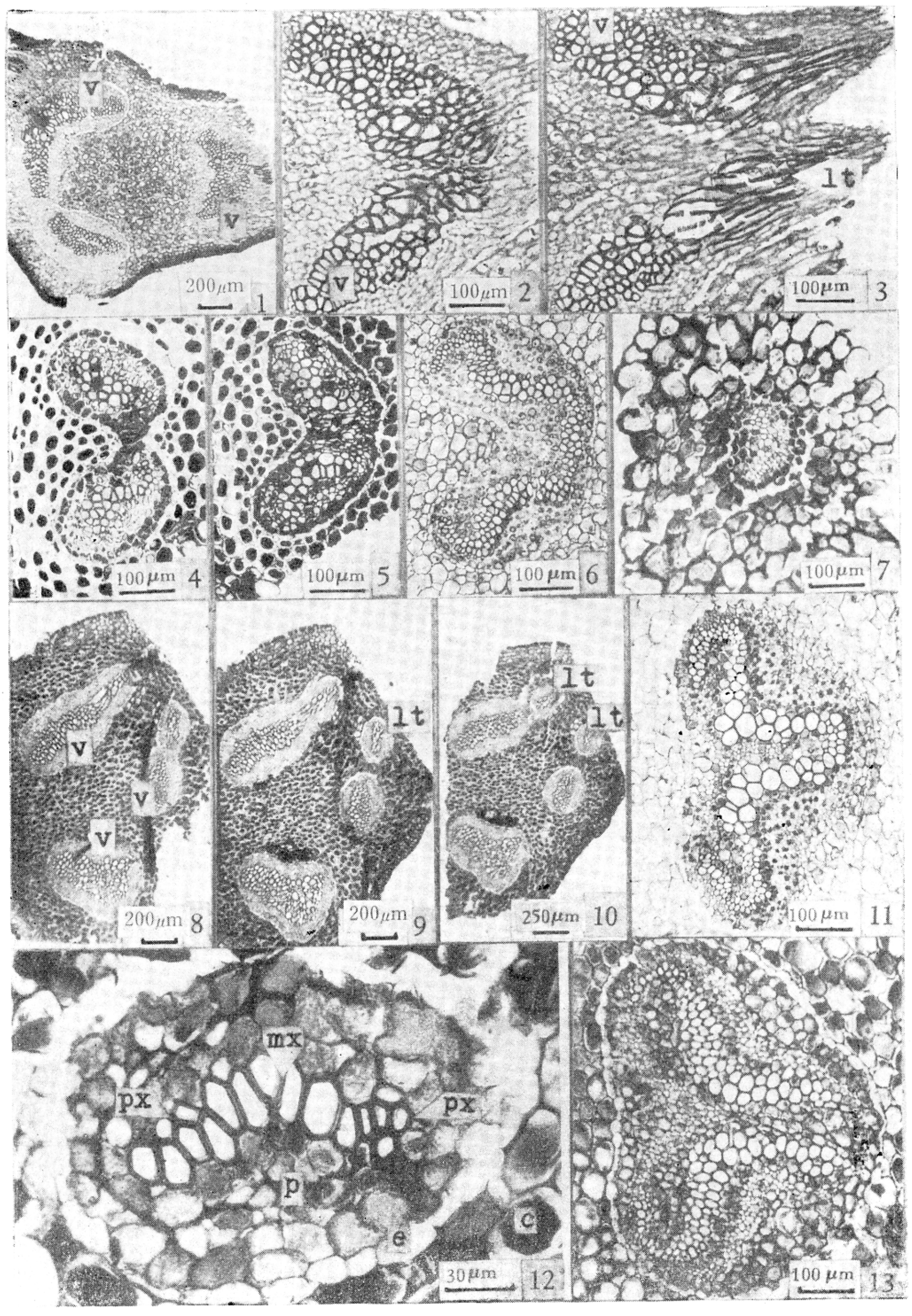
Key words　Chromosome number; Siraitia grosvenori

Wang Shan-min (Commission for Integrated Survey of Natural Resources, Academia Sinica, Beijing)

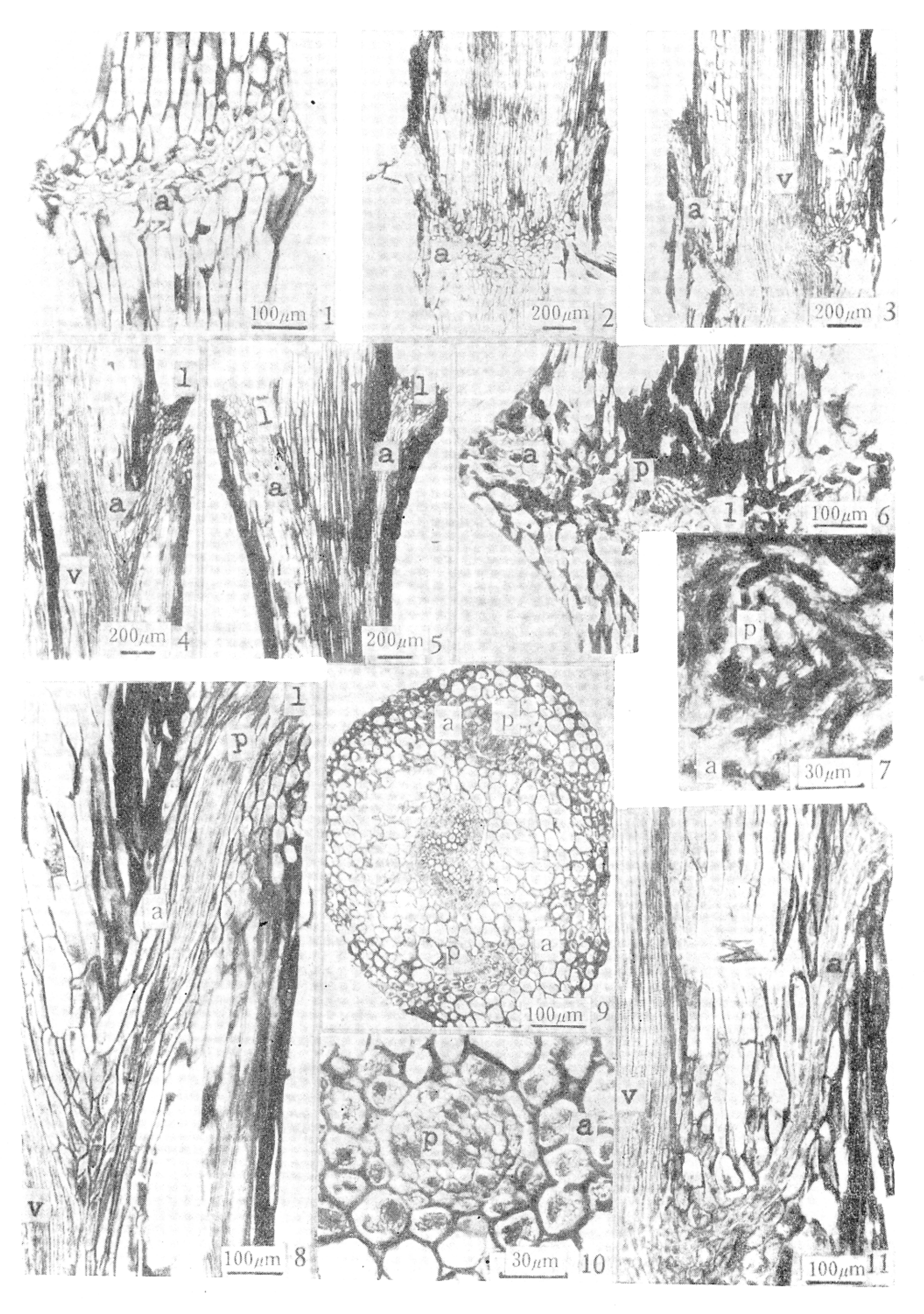
1)邹琦丽等人，1980：罗汉果染色体的初步观察，广西植物 **4**：24。



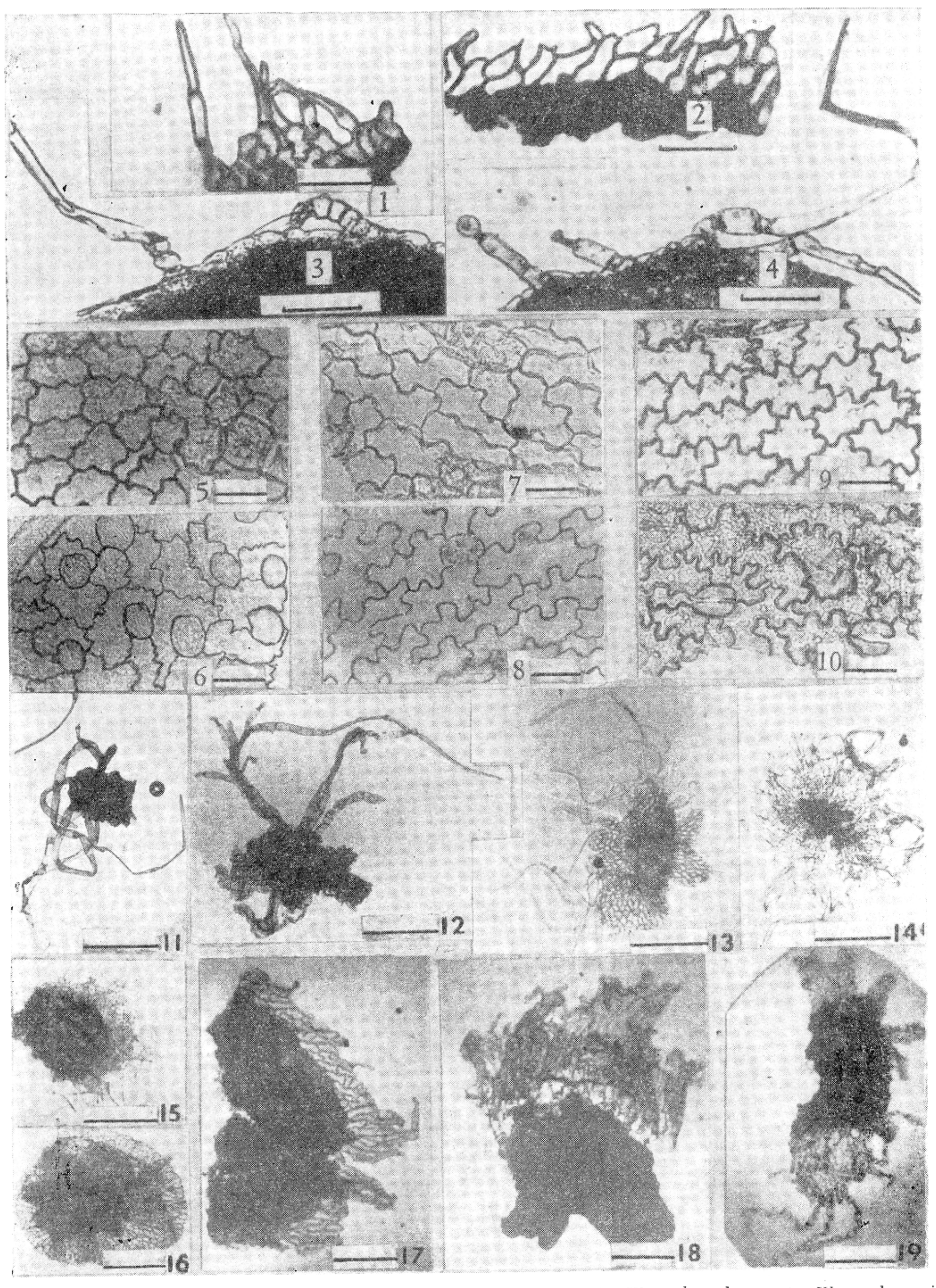
1—4.根毛区横切面 1. *W. ilvensis*; 2. *W. polystichoides*; 3. *W. ilvensis* 根中柱，示无髓； 4.*W. elongata*。 5—11.根状茎横切面 5—6. *W. andersonii* 5.基部； 6.中部； 7—11. *W. lanosa*。 12—13.叶柄基部横切面。 (ep. 表皮； c. 皮层； e. 内皮层； s. 中柱鞘； x. 木质部； p. 韧皮部； pi. 髓； v. 分体中柱； lg. 叶隙； lt. 叶迹。)



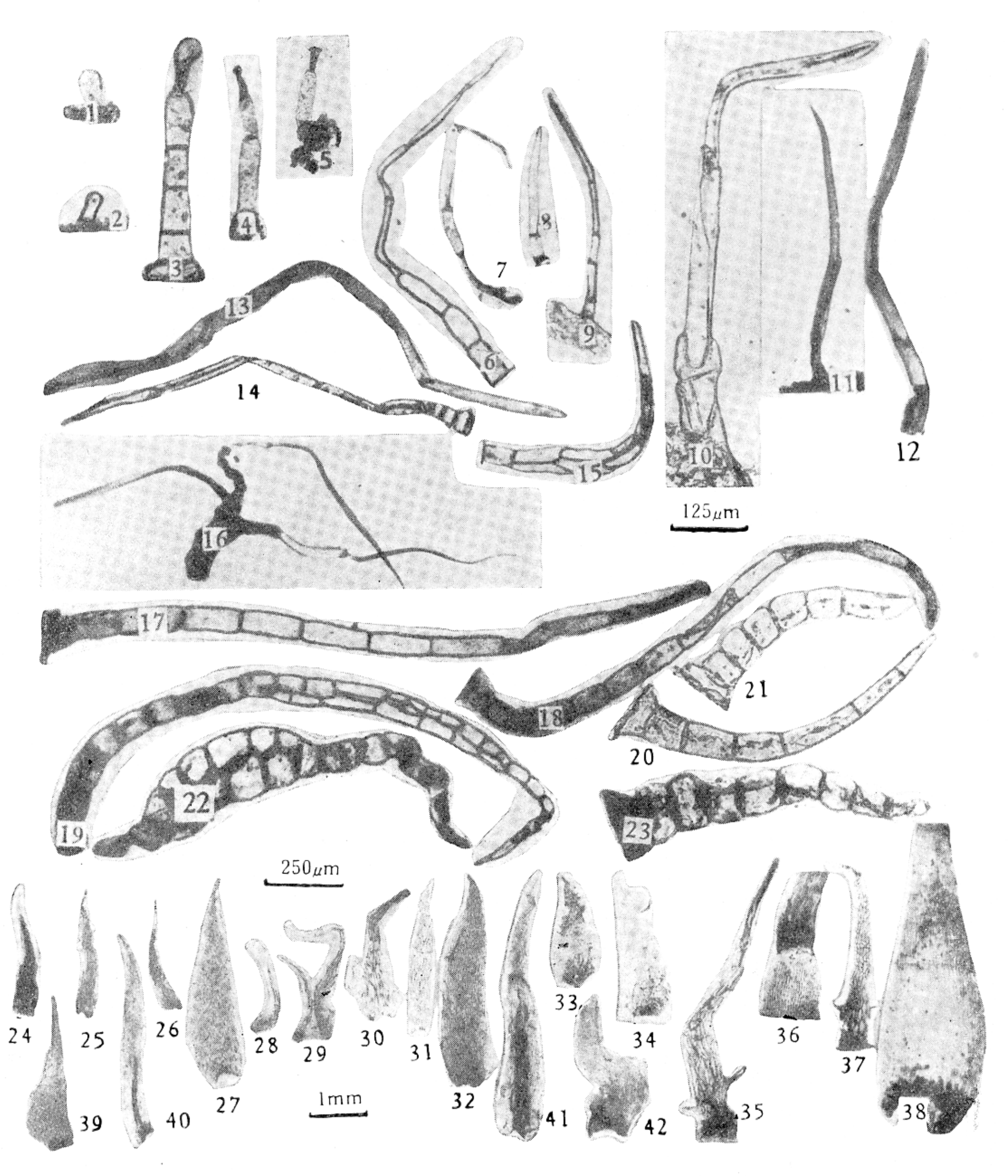
1—6. *W. ilvensis* 1—3.根状茎； 4—6.叶柄 4—5.中上部；6.顶部。7. *W. lanosa* 叶轴中部。8—10. *W. polystichoides* 根状茎。 11—13.叶轴维管束木质部式样 11. *W. elongata* 示球子蕨亚型；12. *W. lanosa*, 示膀胱蕨亚型； 13. *W. rosthorniana*, 示密毛岩蕨亚型。(e. 内皮层； px. 原生木质部； mx. 后生木质部； p. 韧皮部； v. 分体中柱； lt. 叶迹。以上均为横切面。)



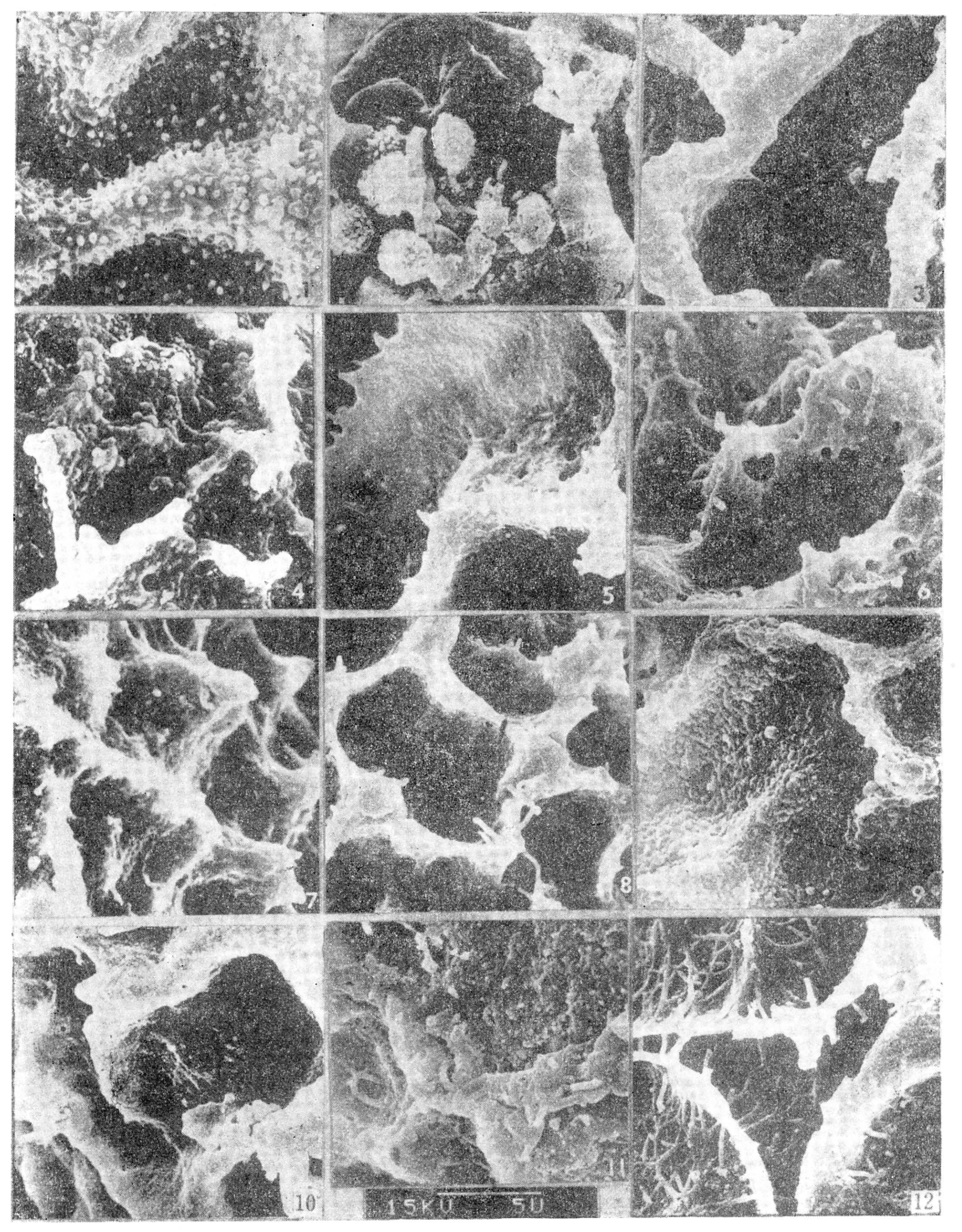
1—3和11. *W. ilvensis* 基羽下位叶柄关节 1.近表皮切向切面； 2.近中央切向切面； 3,11.径向切面,示离层中不含羽片迹。 4—10.基羽准位叶柄关节，示离层中含羽片迹。 4,5,8. *W.polystichoides* 4,8. 径向切面； 5.切向切面； 6—7 *W. macrochleana* 近表皮切向切面； 9—10. *W. subcordata* 横切面。(a.离层；v.维管束； l.基部羽片着生处， p.羽片迹。)



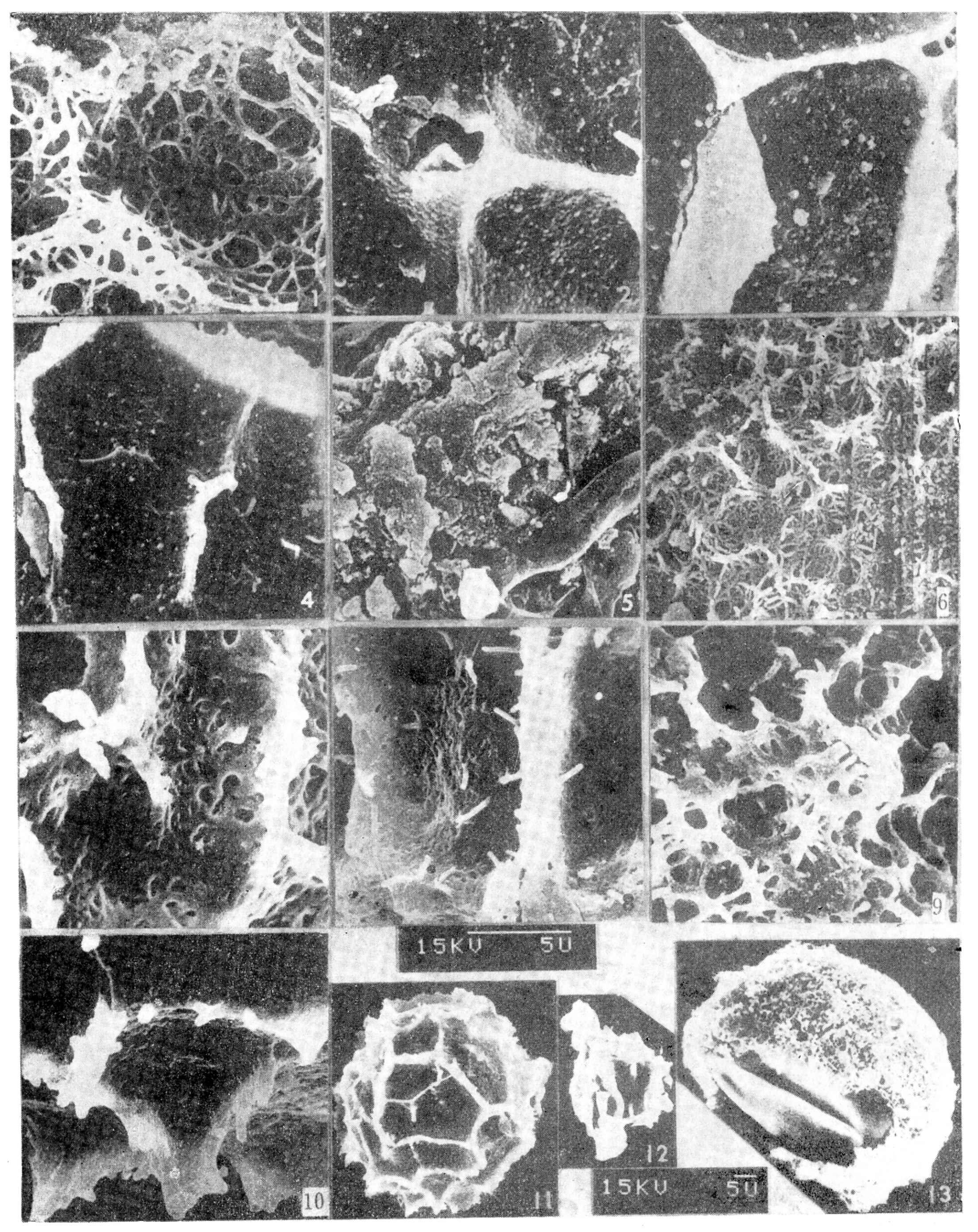
1—4.叶缘细胞 1. *Cheilanthopsis indusiosa*, 2. *W. elongata*, 3. *W. subcordata*, 4. *W. andersonii*; 5—10.叶片细胞 5—6. *W. rosthorniana* 5.上表皮， 6.下表皮； 7—8. *W. ilvensis* 7.上表皮， 8.下表皮； 9—10. *W. subcordata* 9.上表皮， 10.下表皮； 11—19.囊群盖 11. *W. lanosa*, 12. *W. andersonii*, 13. *W. rosthorniana*, 14. *W. subcordata*, 15. *W. polystichoides*, 16. *Protowoodsia manchuriensis*; 17—18. *W. elongata* 17.假囊群盖，18.囊群盖和假囊群盖的整体观； 19. *Cheilanthopsis indusiosa*。(比例尺: 1—10: 100 μm; 11—15, 19: 500μm; 16—18: 250μm。)



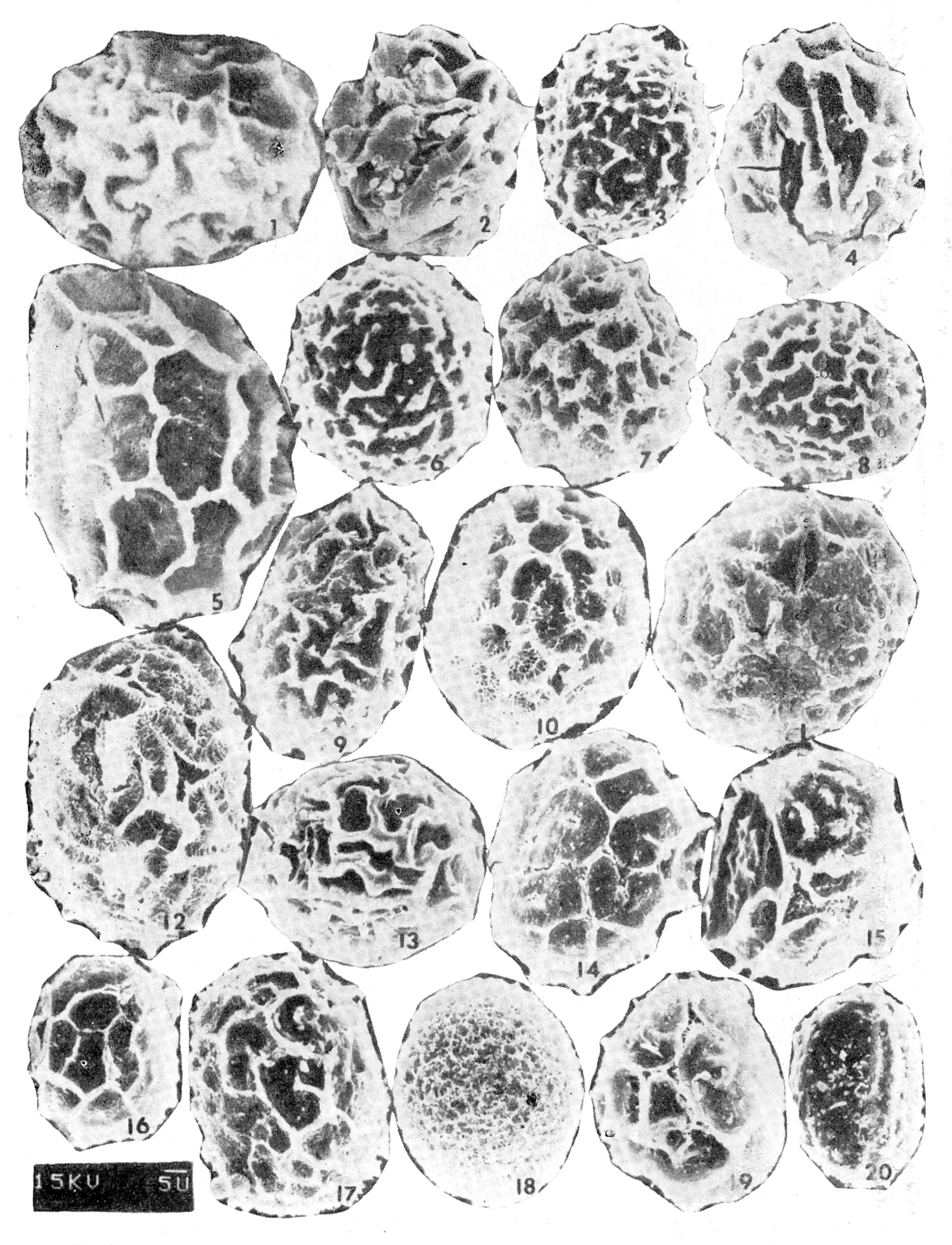
毛和鳞片 1—3,17—21,36—38. *Cheilanthopsis indusiosa*; 4—6, 16, 25—26. *W. andersonii*; 7. *W. hancockii*; 8, 11—13, 24. *W. lanosa*; 9, 14, 15, 31—32. *W. ilvensis*; 10, 33—35. *W. polystichoides*; 22—23, 42. *W. elongata*; 27. *W. rosthorniana*; 28—30. *W. subcordats*; 39—41. *Protowoodsia manchuriensis*。



扫描电镜下孢子周壁纹饰　1. *W. macrospora*; 2. *W. cinnamomea*; 3. *W. lanosa*; 4. *W. rosthorniana*; 5. *W. cycloloba*; 6. *W. shensiensis*; 7. *W. glabella*; 8. *W. hancockii*; 9. *W. ilvensis*; 10. *W. alpina*; 11. *W. macrochleana*; 12. *W. oblonga*。



1—10.扫描电镜下孢子周壁纹饰　1. *W. intermedia*;　2. *W. Subcordata*;　3. *W. polystichoides* var. *sinuata* hook.　4. *W. polystichoides*;　5. *W. elongata*;　6. *Protowoodsia manchuriensis*;　7. *Cheilanthopsis indusiosa*;　8. *W. scopulina*;　9. *W. andersonii*;　10. *W. fragilis*　11—13. 扫描电镜下孢子的整体观　11. *W. fragilis*; 12—13. *W. andersonii*　12.异常孢子；　13.光滑透明的孢子外壁。



扫描电镜下孢子整体观：1. *W. macrospora*; 2. *W. cinnamomea*; 3. *W. rosthorniana*; 4. *W. lanosa*; 5. *W. cycloloba*; 6. *W. glabella*; 7. *W. shensiensis*; 8. *W. hancockii*; 9. *W. ilvensis*; 10. *W. intermedia*; 11. *W. macrochleana*; 12. *W. oblonga*; 13. *W. alpina*; 14. *W. polystichoides* var. *sinuata* Hook.; 15. *W. subcordata*; 16. *W. polystichoides*; 17. *Cheilanthopsis indusiosa*; 18. *Protowoodsia manchuriensis*; 19. *W. scoplina*; 20. *W. elongata*.